

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-148459

(43)Date of publication of application : 22.05.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/12  
H04B 10/28  
H04B 10/02

(21)Application number : 2000-348871

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 16.11.2000

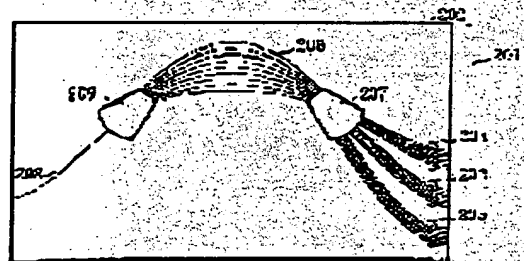
(72)Inventor : KANEKO TARO

## (54) ARRAY WAVEGUIDE GRATING, OPTICAL TRANSMITTER AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an array waveguide grating, an optical transmitter and an optical communication system which can monitor a light beam by using a light beam to actually be multiplexed and which can suppress the increase in the size and a cost increase of an apparatus to the utmost.

**SOLUTION:** The number of components for monitor can be reduced by monitoring light beams by means of the high order diffracted light beams of the light beams obtained by multiplexing a plurality of signals having different wavelengths with an array waveguide grating. Therefore, an array waveguide grating, an optical transmitter and an optical communication system which can suppress the increase in the size and the cost increase of an apparatus to the utmost, are realized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-148459

(P2002-148459A)

(43) 公開日 平成14年5月22日 (2002.5.22)

(51) Int. Cl.

識別記号

F 1

ターミナル (参考)

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

F 2 H 0 4 7

H 0 4 B 10/28

H 0 4 B 9/00

W 5 K 0 0 2

10/02

審査請求 有 請求項の数31 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2000-348871(P2000-348871)

(22) 出願日 平成12年11月16日 (2000.11.16)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 金子 太郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100083987

弁理士 山内 梅雄

Fターム(参考) 2H047 KA03 KA12 LA19 QA07 RA08

TA01 TA11

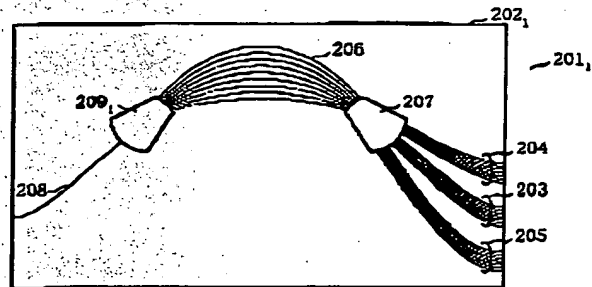
5K002 BA02 BA05 DA02 EA05

(54) 【発明の名称】 アレイ導波路格子、光送信装置および光通信システム

(57) 【要約】

【課題】 従来、アレイ導波路格子、光送信装置および光通信システムにおいて、主信号をモニタする際には、モニタを行おうとするチャネルの数だけ分岐部品を用意する必要があった。このため、チャネル数が増加するとモニタのために必要とする部品が増加して、アレイ導波路格子全体が大型化するという問題があった。さらに、部品点数の増大によりデバイスがコストアップするという問題もあった。

【解決手段】 本発明では、波長の異なる複数の信号をアレイ導波路格子によって多重化した光の高次回折光を使用して、これらの光をモニタすることによってモニタ用の部品数の削減ができるため、装置の大型化やコストアップを極力抑えることのできるアレイ導波路格子、光送信装置および光通信システムを実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力ポートと、  
これらの入力ポートから入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、

前記入力ポートから入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置され多重化された光をモニタするモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項2】 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力ポートと、  
これらの入力ポートから入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、

前記入力ポートから入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を前記複数の入力ポート側に反射する高次回折光反射手段とを備えたスラブ導波路を具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項3】 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力ポートと、  
これらの入力ポートから入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、

前記入力ポートから入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を前記複数の入力ポート側に反射する高次回折光反射手段と、この高次回折光反射手段から反射された光を取り出すために前記複数の入力ポート以外の位置に配置された1または複数のモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項4】 波長ごとに用意された複数の光源と、  
波長の異なる光をそれぞれの波長に対応してこれらの光源から入力する入力導波路と、  
各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

出力ポートと接続され送信する多重化された光を出力するための出力導波路と、

前記出力スラブ導波路内における前記入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置で得られた各波長を多重化した光を前記チャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力

(2)

特開2002-148459

2

を得るモニタ用分波手段と、

このモニタ用分波手段によって得られた波長ごとの光から前記複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルを検出する出力レベル検出手段と、

この出力レベル検出手段の検出した前記複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルに応じて前記複数の光源のそれぞれのパワーを制御する光源パワー制御手段とを具備することを特徴とする光送信装置。

【請求項5】 波長ごとに用意された複数の光源と、

10 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応してこれらの光源から入力する入力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

20 出力ポートと接続され送信する多重化された光を出力するための出力導波路と、

前記モニタ用ポートに得られた各波長を多重化した光を前記チャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るモニタ用分波手段と、このモニタ用分波手段によって得られた波長ごとの光から前記複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルを検出する出力レベル検出手段と、

30 この出力レベル検出手段の検出した前記複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルに応じて前記複数の光源のそれぞれのパワーを制御する光源パワー制御手段とを具備することを特徴とする光送信装置。

【請求項6】 波長の異なる信号光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

40 このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される信号光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された信号光出力用の出力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

出力ポートと接続され送信する多重化された信号光を出力するための出力導波路と、

50 前記出力スラブ導波路内における前記入力導波路から入力される信号光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置で得られた各波長を多重化した信号光を前記チャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力

(3)

特開2002-148459

3

チャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るモニタ用分波手段と、

このモニタ用分波手段によって得られた波長ごとの信号光から前記それぞれの波長の信号光の出力レベルを検出する出力レベル検出手段と、

この出力レベル検出手段の検出した前記それぞれの波長の信号光の出力レベルに応じて前記波長の異なる信号光の前記複数の入力導波路に対する入射レベルを制御する光入射レベル制御手段とを具備することを特徴とする光送信装置。

【請求項7】 波長の異なる信号光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された信号光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される信号光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

出力ポートと接続され送信する多重化された信号光を出力するための出力導波路と、

前記モニタ用ポートに得られた各波長を多重化した信号光を前記チャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るモニタ用分波手段と、

このモニタ用分波手段によって得られた波長ごとの信号光から前記それぞれの波長の信号光の出力レベルを検出する出力レベル検出手段と、

この出力レベル検出手段の検出したそれぞれの波長の信号光の出力レベルに応じて前記波長の異なる信号光の前記複数の入力導波路に対する入射レベルを制御する光入射レベル制御手段とを具備することを特徴とする光送信装置。

【請求項8】 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

出力ポートと接続され送信する多重化された光を出力するための出力導波路と、

前記出力スラブ導波路内における前記入力導波路から入

力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置で得られた各波長の多重化した光を前記チャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るモニタ用分波手段とを具備することを特徴とする光送信装置。

【請求項9】 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

10 このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続すると共に前記チャネル導波路アレイから戻ってくる光をモニタするモニタ用ポートを備えた入力スラブ導波路と、

前記チャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に集光した光をこの結像位置から入力側に戻す光戻し手段とを備えた出力スラブ導波路と、

前記出力ポートと接続され送信する多重化された光を出力するための出力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項10】 前記光戻し手段は、前記入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を入力して前記複数の入力導波路側に反射させる反射手段であることを特徴とする請求項9記載のアレイ導波路格子。

【請求項11】 基板と、

30 この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、

前記基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

前記基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、

このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

出力ポートと接続された出力導波路と、

前記基板上に配置され、前記出力スラブ導波路の前記モニタ用ポートに一端を接続され基板端面に至る途中に他端を有する導波路と、

この導波路の前記他端に配設され前記モニタ用ポートから送られてきた光を反射する反射手段とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

(4)

特開 2002-148459

6

【請求項 12】 基板と、  
この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、  
前記基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、  
前記基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、  
このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の 0 次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された 0 次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用出力ポートと、このモニタ用出力ポートから出力される光が所定の経路で戻ってきたものを前記複数の入力導波路の方に出力するモニタ用入力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、  
出力ポートと接続された出力導波路と、  
前記基板上に配置され、この出力スラブ導波路の前記モニタ用出力ポートとモニタ用入力ポートを光学的に接続する導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項 13】 基板と、  
この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、  
前記基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、  
前記基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、  
このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の 0 次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された 0 次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、  
出力ポートと接続された出力導波路と、  
前記基板上に配置され、前記出力スラブ導波路の前記モニタ用ポートに一端を接続され他端を基板端面に配置した導波路と、  
この導波路の前記他端に配置され前記モニタ用ポートから送られてきた光を反射する反射手段とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項 14】 基板と、  
この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、  
前記基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

前記基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、  
このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の 0 次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された 0 次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用出力ポートと、このモニタ用出力ポートから出力される光が所定の経路で戻ってきたものを前記複数の入力導波路の方に出力するモニタ用入力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、  
前記基板上に配置され、この出力スラブ導波路の前記モニタ用出力ポートに一端を接続され他端を基板端面の所定位置に配置したモニタ用出力導波路と、  
前記基板上に配置され、前記出力スラブ導波路の前記モニタ用入力ポートに一端を接続され他端を基板端面の前記所定位置以外の位置に配置したモニタ用入力導波路と、  
前記基板端面におけるモニタ用出力導波路とモニタ用入力導波路の両端面を光学的に接続する光ファイバとを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項 15】 基板と、  
この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、  
前記基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、  
前記基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と前記入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、  
このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の 0 次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された 0 次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、  
前記基板上に配置され、この出力スラブ導波路の前記モニタ用ポートに一端を接続され他端を基板端面の所定位置に配置した出力導波路と、  
前記基板端面に位置する出力導波路の前記他端に一端を接続した光ファイバと、  
この光ファイバの他端に接続され、一端から送られてきた光を反射する反射手段とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項 16】 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、  
各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、  
モニタ用の多重光を帰還する帰還用導波路と、

前記入力導波路および帰還用導波路の一端を入力側に配

(5)

特開 2002-148459

7

置し出力側にチャンネル導波路アレイの入力側を配置した入力スラブ導波路と、

前記チャンネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャンネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され前記光の多重化された光を取り出す出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に配置され、この結像位置に前記帰還用導波路の他端を接続した帰還ポートを備えると共に、前記チャンネル導波路アレイに前記帰還用導波路によって入力された多

重光を分波したモニタ用の光を取り出す1または複数のモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

前記出力スラブ導波路の前記出力ポートと接続された出力導波路と、

前記モニタ用ポートに接続されたモニタ用出力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項17】 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャンネル導波路アレイと、

モニタ用の多重光を帰還する帰還用ファイバと、

前記入力導波路および帰還用ファイバの一端を入力側に配置し出力側にチャンネル導波路アレイの入力側を配置した入力スラブ導波路と、

前記チャンネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャンネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され前記光の多重化された光を取り出す出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の0次以外の高次回折光の結像

位置に配置され、この結像位置に前記帰還用ファイバの他端を接続した帰還ポートを備えると共に、前記チャンネル導波路アレイに前記帰還用ファイバによって入力された多重光を分波したモニタ用の光を取り出す1または複

数のモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

前記出力スラブ導波路の前記出力ポートと接続された出力導波路と、

前記モニタ用ポートに接続されたモニタ用出力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項18】 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、

これら入力導波路とは異なった位置に配置されモニタ用の光を取り出すモニタ用導波路と、

各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャンネル導波路アレイと、

前記チャンネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャンネル導波路アレイを通り入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に集

光した光をこの結像位置から入力側に戻す光戻し手段を備えた出力スラブ導波路と、前記入力導波路およびモニタ用導波路とチャンネル導波路アレイの入力側を接続し、

8

前記出力スラブ導波路から前記チャンネル導波路アレイを経て内部に入射した光をモニタ用導波路に入射させる入力スラブ導波路と、

前記出力スラブ導波路の前記入力導波路から入力される光の0次回折光の結像位置に配置され多重化された光出力用の出力ポートと、

この出力ポートと接続された出力導波路とを具備することを特徴とするアレイ導波路格子。

【請求項19】 前記出力スラブ導波路から前記入力スラブ導波路に戻される光の0次回折光の結像位置にモニタ用導波路が配置されており、1次回折光の結像位置が前記の各入力導波路の中間位置となっていることを特徴とする請求項18記載のアレイ導波路格子。

【請求項20】 前記モニタ用導波路は前記入力スラブ導波路において前記入力導波路と交互に配置されていることを特徴とする請求項18記載のアレイ導波路格子。

【請求項21】 前記入力導波路のそれぞれの波長に対応した前記入力スラブ導波路における入力位置は、前記チャンネル導波路アレイから戻ってきた光の0次回折光と1次回折光の結像位置の中間位置となっていることを特徴とする請求項18記載のアレイ導波路格子。

【請求項22】 前記入力スラブ導波路における前記モニタ用導波路のそれぞれのポートの存在する位置を包括した領域は、前記入力導波路の存在する位置を包括した領域とは重複しない別の領域として設定されていることを特徴とする請求項18記載のアレイ導波路格子。

【請求項23】 前記光戻し手段は、出力スラブ導波路内の高次回折光の結像位置に配置した高次回折光反射ミラーと、高次回折光反射ミラーおよび0次回折光の結像位置以外の位置に配置されて高次回折光反射ミラーによって反射された光を入力側に戻す光戻しミラーとを具備することを特徴とする請求項18記載のアレイ導波路格子。

【請求項24】 前記光戻し手段は、出力スラブ導波路内の高次回折光の結像位置に配置し、その位置に入射する高次回折光をその光軸から僅かに異なった角度で入力側に戻す光戻しミラーを具備することを特徴とする請求項18記載のアレイ導波路格子。

【請求項25】 前記光戻し手段は、出力スラブ導波路の配置された基板の端面に配置されたミラーと、高次回折光の結像位置に集光した光をこのミラーに導く第1のモニタ用導波路と、前記ミラーによって反射された光を前記出力スラブ導波路の出力ポートおよび光の0次以外の高次回折光の結像位置以外の場所から出力スラブ導波路に入射して入力側に出射させる第2のモニタ用導波路を具備することを特徴とする請求項18記載のアレイ導波路格子。

【請求項26】 前記光戻し手段は、高次回折光の結像位置に集光した光を入射して前記出力スラブ導波路の出力ポートおよび0次以外の高次回折光の結像位置以外の



9

場所から出力スラブ導波路に入射して入力側に出射させるモニタ用導波路を具備することを特徴とする請求項18記載のアレイ導波路格子。

【請求項27】 前記光戻し手段は、高次回折光の結像位置に集光した光を入射して前記出力スラブ導波路の出力ポートおよび0次以外の高次回折光の結像位置以外の場所から出力スラブ導波路に入射して入力側に出射させる光ファイバを具備することを特徴とする請求項18記載のアレイ導波路格子。

【請求項28】 各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、

この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重化するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、このマルチプレクサから出力される波長分割多重化された光信号を送送する光伝送路と、

この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、

前記光伝送路を前記ノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、

このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、

前記マルチプレクサは、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、これらの入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置され多重化された光をモニタするモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備するアレイ導波路格子であることを特徴とする光通信システム。

【請求項29】 複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重化された光信号を送送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重化された光信号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重化する第2のアレイ導波路格子を備えており、

前記第2のアレイ導波路格子は、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、これらの入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置され多重化された光をモニタするモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備する素子であることを特徴とする光通信システム。

【請求項30】 各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、

この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多

(6)

特開2002-148459

10

重化するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、このマルチプレクサから出力される波長分割多重化された光信号を送送する光伝送路と、

この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、前記光伝送路を前記ノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備え、

10 前記マルチプレクサは、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、これらの入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を入力して前記複数の入力導波路側に反射する高次回折光反射手段と、この高次回折光反射手段から反射された光を入力するために前記複数の入力導波路以外の位置に配置された1または複数のモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備するアレイ導波路格子であることを特徴とする光通信システム。

【請求項31】 複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重化された光信号を送送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重化された光信号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重化する第2のアレイ導波路格子を備えており、

30 前記第2のアレイ導波路格子は、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、これらの入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、前記入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を入力して前記複数の入力導波路側に反射する高次回折光反射手段と、この高次回折光反射手段から反射された光を入力するために前記複数の入力導波路以外の位置に配置された1または複数のモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備する素子であることを特徴とする光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光をモニタするモニタ機能を備えたアレイ導波路格子、光送信装置および光通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 たとえばDWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing: 高密度波長分割多重通信方式)



11

システムでは、光のアライブ監視と、光のレベル等化が要求される。そこで、このようなシステムでは従来からAWG (arrayed waveguide grating: アレイ導波路格子) の前段または後段にカプラ等のタッピングデバイスを配置して、光を分岐し、この分岐光をモニタすることでこの要求に就いていた。

【0003】図25はタッピングデバイスを使用した従来の合波装置の概要を示したものである。各波長の信号光1011~101Nはアレイ導波路格子102に入力され、合波された多重信号光103として出力される。アレイ導波路格子102の入力側にはそれぞれの波長に対応させてタッピングデバイス1041~104Nが配置されており、信号光をそれぞれ分岐してモニタ光1051~105Nを得るようになっている。

【0004】このような合波装置あるいはアレイ導波路格子を使用した光通信システムでは、タッピングデバイス1041~104Nを使用して光を分岐していたので、モニタを行おうとするチャンネルの数だけ、たとえばカプラとこのカプラを接続する接続用光ファイバといった部品を用意する必要があった。このため、チャンネル数が増加するとモニタのために必要とする部品が増加して、アレイ導波路格子全体が大型化するという問題があった。また部品点数の増大によりデバイスがコストアップするという問題もあった。

【0005】そこで、特開平9-49937号公報で提案されたアレイ導波路格子では、光信号入力用のN本の入力導波路に加えて、波長監視用のN本の入力導波路を配置し、また、N本の出力導波路の両側に1本ずつの波長監視用の出力導波路を配置している。

【0006】図26はこのアレイ導波路格子の構成を要したものである。基板111上には光信号入力用のN本の入力導波路112と、波長監視用のN本の入力導波路113と、所定の導波路長さΔLで順次長くなったM本の導波路からなる導波路アレイ114と、N本の出力導波路115と、この出力導波路115の両側に1本ずつ設けられた波長監視用の出力導波路116、117と、2組の入力導波路112、113と導波路アレイ114を接続する入力スラブ導波路118と、導波路アレイ114と3組の出力導波路115、116、117を接続する出力スラブ導波路119が形成されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】この提案のアレイ導波路格子では、光信号については入力スラブ導波路118に接続されたN本の入力導波路112と出力スラブ導波路119に接続されたN本の出力導波路115が使用され、波長監視用には入力スラブ導波路118に接続されたN本の入力導波路113と出力スラブ導波路119に接続された波長監視用の出力導波路116、117が使用される。したがって、実際の信号光を用いて監視を行うことができないという欠点があった。

(7)

特開2002-148459

12

【0008】そこで本発明の目的は、実際に合波する光を使用してこれらの光をモニタすることができ、しかも装置の大型化やコストアップを極力抑えることのできるアレイ導波路格子、光送信装置および光通信システムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明では、(イ)波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力ポートと、(ロ)これらの入力ポートから入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、

(ハ)入力ポートから入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置され多重化された光をモニタするモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路をアレイ導波路格子に具備させる。

【0010】すなわち請求項1記載の発明では、アレイ導波路格子のスラブ導波路に入力される光の0次回折光を出力ポートから出力する他、0次以外の高次回折光の結像位置、たとえば1次回折光の結像位置にモニタ用ポートを備え、これを用いてその多重化した光のモニタを行うようにしている。

【0011】請求項2記載の発明では、(イ)波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力ポートと、(ロ)これらの入力ポートから入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、(ハ)入力ポートから入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を前記した複数の入力ポート側に反射する高次回折光反射手段とを備えたスラブ導波路をアレイ導波路格子に具備させる。

【0012】すなわち請求項2記載の発明では、アレイ導波路格子のスラブ導波路に入力される光の0次回折光を出力ポートから出力する他、0次以外の高次回折光の結像位置、たとえば1次回折光の結像位置に高次回折光反射手段を配置して多重化した光を入力ポート側に戻すようにしている。これにより、アレイ導波路格子を逆方向に進んで各波長に分波された光をその入力側でモニタすることができる。

【0013】請求項3記載の発明では、(イ)波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力ポートと、(ロ)これらの入力ポートから入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、(ハ)入力ポートから入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を入力して前記した複数の入力ポート側に反射する高次回折光反射手段と、(ニ)この高次回折光反射手段から反射された光を出力するために前記した複数の入力ポート以外の位置に配置された1または複数のモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路をアレイ導波路格子に具備させる。

13

【0014】すなわち請求項3記載の発明では、アレイ導波路格子のスラブ導波路に入力される光の0次回折光を出力ポートから出力する他、0次以外の高次回折光の結像位置、たとえば1次回折光の結像位置に高次回折光反射手段を配置して多重化した光を入力ポート側に戻すようにしている。入力ポート側には入力ポート以外の位置に1または複数のモニタ用ポートが配置されているので、これらのモニタ用ポートからモニタ光を得ることができる。

【0015】請求項4記載の発明では、(イ)波長ごとに用意された複数の光源と、(ロ)波長の異なる光をそれぞれの波長に対応してこれらの光源から入力する入力導波路と、(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ヘ)出力ポートと接続され送信する多重化された光を出力するための出力導波路と、(ト)出力スラブ導波路内における入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置で得られた各波長を多重化した光をチャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るモニタ用分波手段と、(チ)このモニタ用分波手段によって得られた波長ごとの光から前記した複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルを検出する出力レベル検出手段と、(リ)この出力レベル検出手段の検出した前記した複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルに応じて前記した複数の光源のそれぞれのパワーを制御する光源パワー制御手段とを光送信装置に具備させる。

【0016】すなわち請求項4記載の発明では、出力導波路から送信する多重化された光を出力する一方、モニタ用分波手段によって、出力スラブ導波路内におけるチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置で得られた各波長を多重化した光をチャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るようにし、得られた波長ごとの光から複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルを検出し、検出した複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルに応じて前記した複数の光源のそれぞれのパワーを制御するようにしている。

【0017】請求項5記載の発明では、(イ)波長ごとに用意された複数の光源と、(ロ)波長の異なる光をそれぞれの波長に対応してこれらの光源から入力する入力導波路と、(ハ)各導波路の長さが所定の導波路長さで

(8)

特開2002-148459

14

順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

(ヘ)出力ポートと接続され送信する多重化された光を出力するための出力導波路と、(ト)モニタ用ポートに得られた各波長の多重化した光をチャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るモニタ用分波手段と、(チ)このモニタ用分波手段によって得られた波長ごとの光から前記した複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルを検出する出力レベル検出手段と、(リ)この出力レベル検出手段の検出した前記した複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルに応じて前記した複数の光源のそれぞれのパワーを制御する光源パワー制御手段とを光送信装置に具備させる。

【0018】すなわち請求項5記載の発明では、出力導波路から送信する多重化された光を出力する一方、モニタ用分波手段によって、出力スラブ導波路内における入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光をその結像位置に配置されたモニタ用ポートから取得している。そしてこれをチャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るようにし、得られた波長ごとの光から複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルを検出し、検出した前記した複数の光源のそれぞれの波長の光の出力レベルに応じて前記した複数の光源のそれぞれのパワーを制御するようにしている。

【0019】請求項6記載の発明では、(イ)波長の異なる信号光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ロ)各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

(ハ)このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ニ)このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される信号光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された信号光出力用の出力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ホ)出力ポートと接続され送信する多重化された信号光を出力するための出力導波路と、(ヘ)出力スラブ導波路内における入力導波路から入力される信号光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置で得られた各波長を多重化した信号光をチャネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るモニタ用分波手段と、(ト)このモニタ用分波手段によって得られた波長ごとの信号光からそれぞれの波長の信号光の

15

出力レベルを検出する出力レベル検出手段と、(チ) この出力レベル検出手段の検出したそれぞれの波長の信号光の出力レベルに応じて波長の異なる信号光の複数の入力導波路に対する入射レベルを制御する光入射レベル制御手段とを光送信装置に具備させる。

【0020】すなわち請求項6記載の発明では、出力導波路から送信する多重化された光を出力する一方、モニタ用分波手段によって、出力スラブ導波路内における入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置で得られた各波長の多重化した光をチャンネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るようにし、得られた波長ごとの信号光からそれぞれの波長の信号光の出力レベルを検出し、検出したそれぞれの波長の光の出力レベルに応じて複数の光源のそれぞれのパワーを制御するようにしている。請求項6記載の発明の場合には光源から得られる光だけでなく、中継されてきた光に対しても適用可能である。

【0021】請求項7記載の発明では、(イ) 波長の異なる信号光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、(ロ) 各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャンネル導波路アレイと、(ハ) このチャンネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ニ) このチャンネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャンネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された信号光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される信号光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ホ) 出力ポートと接続され送信する多重化された信号光を出力するための出力導波路と、(ヘ) モニタ用ポートに得られた各波長を多重化した信号光をチャンネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るモニタ用分波手段と、(ト) このモニタ用分波手段によって得られた波長ごとの信号光からそれぞれの波長の信号光の出力レベルを検出する出力レベル検出手段と、(チ) この出力レベル検出手段の検出したそれぞれの波長の信号光の出力レベルに応じて波長の異なる信号光の前記した複数の入力導波路に対する入射レベルを制御する光入射レベル制御手段とを光送信装置に具備させる。

【0022】すなわち請求項7記載の発明では、出力導波路から送信する多重化された光を出力する一方、モニタ用分波手段によって、出力スラブ導波路内における入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光をその結像位置に配置されたモニタ用ポートから取得している。そしてこれをチャンネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るようにし、得られた波長ごとの光からそれぞれの波長の光の出力レベルを検出し、検出したそれぞれの波長の光の出力

(9)

特開2002-148459

16

レベルに応じて複数の光源のそれぞれのパワーを制御するようにしている。請求項7記載の発明の場合には光源から得られる光だけでなく、中継されてきた光に対しても適用可能である。

【0023】請求項8記載の発明では、(イ) 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ロ) 各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャンネル導波路アレイと、

(ハ) このチャンネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ニ) このチャンネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャンネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ホ) 出力ポートと接続され送信する多重化された光を出力するための出力導波路と、(ヘ) 出力スラブ導波路内における入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置で得られた各波長の多重化した光をチャンネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るモニタ用分波手段とを光送信装置に具備させる。

【0024】すなわち請求項8記載の発明では、モニタ用分波手段が出力スラブ導波路内における入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置で得られた各波長の多重化した光をチャンネル導波路アレイを用いて分波しそれぞれの波長のモニタ出力を得るようにしている。

【0025】請求項9記載の発明では、(イ) 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ロ) 各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャンネル導波路アレイと、

(ハ) このチャンネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続すると共にチャンネル導波路アレイから戻ってくる光をモニタするモニタ用ポートを備えた入力スラブ導波路と、(ニ) チャンネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャンネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、入力導波路から入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に集光した光をこの結像位置から入力側に戻す光戻し手段とを備えた出力スラブ導波路と、(ホ) 出力ポートと接続され送信する多重化された光を出力するための出力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0026】すなわち請求項9記載の発明では、出力スラブ導波路に、入力導波路から入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、入力導波路から入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に集光した光をこの結像位置から入力側に戻す光戻し手段を備えさせ、チャンネル導

17

波路アレイを経由して入力スラブ導波路に戻ったモニタ光をモニタ用ポートから取り出すようにしている。

【0027】請求項10記載の発明では、請求項9記載のアレイ導波路格子で、光戻し手段は、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を複数の入力導波路側に反射させる反射手段であることを特徴としている。

【0028】すなわち請求項10記載の発明では、光戻し手段としてミラー等の反射手段を使用している。

【0029】請求項11記載の発明では、(イ)基板と、(ロ)この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ハ)基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され各波長の多重化された光を出力する出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ヘ)出力ポートと接続された出力導波路と、(ト)基板上に配置され、出力スラブ導波路のモニタ用ポートに一端を接続され基板端面に至る途中に他端を有する導波路と、(チ)この導波路の他端に配置されモニタ用ポートから送られてきた光を反射する反射手段とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0030】すなわち請求項11記載の発明では、出力導波路から取り出したモニタ光を基板上の導波路の途中に設けられたミラー等の反射手段で反射して戻すことにしている。

【0031】請求項12記載の発明では、(イ)基板と、(ロ)この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ハ)基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用出力ポートと、このモニタ用出力ポートから出力される光が所定の経路で戻ってきたものを複数の入力導波路の方に出力するモニタ用入力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ヘ)出力ポートと接続された出力導波路と、(ト)基板上に

(10)

特開2002-148459

18

配置され、この出力スラブ導波路のモニタ用出力ポートとモニタ用入力ポートを光学的に接続する導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0032】すなわち請求項12記載の発明では、出力導波路から取り出したモニタ光を基板上の導波路自体で戻すことにしている。

【0033】請求項13記載の発明では、(イ)基板と、(ロ)この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ハ)基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ヘ)出力ポートと接続された出力導波路と、(ト)基板上に配置され、出力スラブ導波路のモニタ用ポートに一端を接続され他端を基板端面に配置した導波路と、(チ)この導波路の他端に配置されモニタ用ポートから送られてきた光を反射する反射手段とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0034】すなわち請求項13記載の発明では、出力導波路から取り出したモニタ光を基板端面まで導波路で導き、この端面に配置した反射手段で元の方向に戻すようにしている。

【0035】請求項14記載の発明では、(イ)基板と、(ロ)この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ハ)基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ)基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ)このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用出力ポートと、このモニタ用出力ポートから出力される光が所定の経路で戻ってきたものを複数の入力導波路の方に出力するモニタ用入力ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ヘ)基板上に配置され、この出力スラブ導波路のモニタ用出力ポートに一端を接続され他端を基板端面の所定位置に配置したモニタ用出力導波路と、(ト)基板上に配置され、出力スラブ導波路のモニタ用入力ポートに一端を接続され他端を基板端面の所定位置以外の位置に配置した

19

モニタ用入力導波路と、(チ) 基板端面におけるモニタ用出力導波路とモニタ用入力導波路の両端面を光学的に接続する光ファイバとをアレイ導波路格子に具備させる。

【0036】すなわち請求項14記載の発明では、出力導波路から取り出したモニタ光を基板端面まで出力導波路で導き、端面に接続された光ファイバの一端からこれを入射し、他端から基板端面を介してモニタ用入力導波路で出力スラブ導波路内に戻すようにしている。

【0037】請求項15記載の発明では、(イ) 基板と、(ロ) この基板上に配置され、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ハ) 基板上に配置され、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ) 基板上に配置され、このチャネル導波路アレイの入力側と入力導波路を接続する入力スラブ導波路と、(ホ) このチャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されたモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ヘ) 基板上に配置され、この出力スラブ導波路のモニタ用ポートに一端を接続され他端を基板端面の所定位置に配置した出力導波路と、(ト) 基板端面に位置する出力導波路の他端に一端を接続した光ファイバと、(チ) この光ファイバの他端に接続され、一端から送られてきた光を反射する反射手段とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0038】すなわち請求項15記載の発明では、出力導波路から取り出したモニタ光を基板端面まで出力導波路で導き、端面に接続された光ファイバの一端からこれを入射するようにしている。この光ファイバの他端には一端から送られてきた光を反射する反射手段が配置されているので、多重化されたモニタ光を出力スラブ導波路内に戻すことができる。

【0039】請求項16記載の発明では、(イ) 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ロ) 各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

(ハ) モニタ用の多重光を帰還する帰還用導波路と、(ニ) 入力導波路および帰還用導波路の一端を人力側に配置し出力側にチャネル導波路アレイの入力側に配置した入力スラブ導波路と、(ホ) チャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され光の多重化された光を取り出す出力ポートと、入力導波路から入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に配置され、この結像位置に帰還用導波路の他端を接続した帰還ポートを備えると共に、

(11)

特開2002-148459

20

チャネル導波路アレイに帰還用導波路によって入力された多重光を分波したモニタ用の光を取り出す1または複数のモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、

(ヘ) 出力スラブ導波路の出力ポートと接続された出力導波路と、(ト) モニタ用ポートに接続されたモニタ用出力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0040】すなわち請求項16記載の発明では、出力スラブ導波路の帰還ポートから得られた多重化されたモニタ光を、帰還用導波路を用いて入力スラブ導波路の入力側から入射するようにしている。これにより、モニタ光はチャネル導波路アレイを通して分波され、出力スラブ導波路のモニタ用ポートから取り出すことができる。

【0041】請求項17記載の発明では、(イ) 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ロ) 各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、

(ハ) モニタ用の多重光を帰還する帰還用ファイバと、(ニ) 入力導波路および帰還用ファイバの一端を入力導波路側に配置し出力側にチャネル導波路アレイの入力側に配置した入力スラブ導波路と、(ホ) チャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置され光の多重化された光を取り出す出力ポートと、入力導波路から入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に配置され、この結像位置に帰還用ファイバの他端を接続した帰還ポートを備えると共に、チャネル導波路アレイに帰還用ファイバによって入力された多重光を分波したモニタ用の光を取り出す1または複数のモニタ用ポートとを備えた出力スラブ導波路と、(ヘ) 出力スラブ導波路の出力ポートと接続された出力導波路と、(ト) モニタ用ポートに接続されたモニタ用出力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0042】すなわち請求項17記載の発明では、出力スラブ導波路の帰還ポートから得られた多重化されたモニタ光を、帰還用ファイバを用いて入力スラブ導波路の人力導波路側から入射するようにしている。これにより、モニタ光はチャネル導波路アレイを通して分波され、出力スラブ導波路のモニタ用ポートから取り出すことができる。

【0043】請求項18記載の発明では、(イ) 波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する入力導波路と、(ロ) これら入力導波路とは異なった位置に配置されモニタ用の光を取り出すモニタ用導波路と、(ハ) 各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイと、(ニ) チャネル導波路アレイの出力側と接続され、入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次以外の高次回折光の結像位置に集光した光をこの結像位置から入力側に戻す光戻し手段とを備えた出力

(12)

特開 2002-148459

21

スラブ導波路と、(ホ)入力導波路およびモニタ用導波路とチャネル導波路アレイを接続し、出力スラブ導波路からチャネル導波路アレイを経て内部に入射した光をモニタ用導波路に入射させる入力スラブ導波路と、(ヘ)入力導波路から入力される光の0次回折光の結像位置に配置され多重化された光出力用の出力ポートと、(ト)この出力ポートと接続された出力導波路とをアレイ導波路格子に具備させる。

【0044】すなわち請求項18記載の発明では、入力スラブ導波路の入力側に多重化するための光を入力する入力導波路の他にモニタ用導波路を接続しており、出力スラブ導波路の光戻し手段によって入力スラブ導波路側に戻されたモニタ光をこのモニタ用導波路から取り出すようにして、戻されたモニタ光を入力導波路以外のポートから得る(ポートを入力導波路からずらす)ことになっている。

【0045】請求項19記載の発明では、請求項18記載のアレイ導波路格子で、出力スラブ導波路から入力スラブ導波路に戻される光の0次回折光の結像位置にモニタ用導波路の各ポートが配置されており、1次回折光の結像位置が入力導波路の各ポートの中間位置となっていることを特徴としている。

【0046】すなわち請求項19記載の発明では、出力スラブ導波路の光戻し手段によって入力スラブ導波路側に戻される光の0次回折光の結像位置にモニタ用導波路の各ポートが配置されている一方、このモニタ光の高次回折光の結像位置を入力導波路の各ポートの中間位置に設定することで戻り光が入力導波路に逆方向に入力される量を軽減している。

【0047】請求項20記載の発明では、請求項18記載のアレイ導波路格子で、モニタ用導波路は入力導波路と交互に配置されていることを特徴としている。

【0048】すなわち請求項20記載の発明では、入力スラブ導波路の入力側に配置されるそれぞれの入力導波路の間にモニタ用導波路を配置し、これらの導波路をスラブ導波路の入力側の中央部に近い位置に集め、モニタ光の0次回折光をモニタ用導波路に入射させ、高次の回折光はこれらの導波路よりも周辺側に結像させて、入力導波路に伝搬するモニタ光を軽減させている。

【0049】請求項21記載の発明では、請求項18記載のアレイ導波路格子で、入力スラブ導波路における入力導波路のそれぞれの波長に対応した入力位置は、チャネル導波路アレイから戻ってきた光の0次回折光と1次回折光の結像位置の中間位置となっていることを特徴としている。

【0050】すなわち請求項21記載の発明では、入力スラブ導波路における入力導波路のそれぞれの入力位置をチャネル導波路アレイから戻ってきたモニタ光の0次回折光と1次回折光の結像位置の中間位置とし、このようにそれぞれの入力導波路の位置をモニタ光の結像位置

22

とずらして設定することで入力導波路に伝搬するモニタ光を軽減させている。

【0051】請求項22記載の発明では、請求項18記載のアレイ導波路格子で、入力スラブ導波路においてモニタ用導波路のそれぞれのポートの存在する位置を包括した領域は、入力導波路の対応する波長の入力導波路の存在する位置を包括した領域とは重複しない別の領域として設定されていることを特徴としている。

【0052】すなわち請求項22記載の発明では、入力スラブ導波路におけるモニタ用導波路のそれぞれのポートの存在する位置を包括した領域を、入力導波路の対応する波長の入力導波路の存在する位置を包括した領域から離すことで、入力導波路に入力するモニタ光の影響を少なくするようにした。

【0053】請求項23記載の発明では、請求項18記載のアレイ導波路格子で、光戻し手段は、出力スラブ導波路内の高次回折光の結像位置に配置した高次回折光反射ミラーと、高次回折光反射ミラーおよび0次回折光の結像位置以外の位置に配置されて高次回折光反射ミラーによって反射された光を入力側に戻す光戻しミラーとを具備することを特徴としている。

【0054】すなわち請求項23記載の発明では、高次回折光の結像位置に配置した高次回折光反射ミラー単独でモニタ光を反射させるのと異なり、この反射光をたとえば0次や1次回折光の結像位置以外の位置に配置された他のミラーとしての光戻しミラーで更に反射させて入力スラブ導波路側に戻すので、戻す位置の違いによって入力スラブ導波路の入力導波路に入力するモニタ光の影響を少なくすることができる。

【0055】請求項24記載の発明では、請求項18記載のアレイ導波路格子で、光戻し手段は、出力スラブ導波路内の高次回折光の結像位置に配置し、その位置に入射する高次回折光をその光軸から僅かに異なった角度で入力側に戻す光戻しミラーを具備することを特徴としている。

【0056】すなわち請求項24記載の発明では、高次回折光をその光軸から僅かに異なった角度で入力側に戻す光戻しミラーを用意することで、戻す方向の違いによって入力スラブ導波路の入力導波路に入力するモニタ光の影響を少なくすることができる。

【0057】請求項25記載の発明では、請求項18記載のアレイ導波路格子で、光戻し手段は、出力スラブ導波路の配置された基板の端面に配置されたミラーと、高次回折光の結像位置に集光した光をこのミラーに導く第1のモニタ用導波路と、ミラーによって反射された光を出力スラブ導波路の出力ポートおよび光の0次以外の高次回折光の結像位置以外の場所から出力スラブ導波路の入力側に射出させる第2のモニタ用導波路を具備することを特徴としている。

【0058】すなわち請求項25記載の発明では、出力



(13)

特開2002-148459

23

スラブ導波路から取り出したモニタ光を第1のモニタ用導波路によって基板の端面まで導き、ここに配置されたミラーによって反射された光を出力スラブ導波路の出力ポートおよび光の0次以外の高次回折光の結像位置以外の場所から入力側に出射させることにし、モニタ光を戻す位置の違いによって入力スラブ導波路の入力導波路に入力するモニタ光の影響を少なくするようにしている。

【0059】請求項26記載の発明では、請求項18記載のアレイ導波路格子で、光戻し手段は、高次回折光の結像位置に集光した光を入射して出力スラブ導波路の出力ポートおよび光の0次以外の高次回折光の結像位置以外の場所から入力側に出射させるモニタ用導波路を具備することを特徴としている。

【0060】すなわち請求項26記載の発明では、高次回折光の結像位置に集光した光を出力導波路から取り出して0次以外の高次回折光の結像位置以外の場所から入力側に出射させる際に、基板上に両ポートをつなぐモニタ用導波路を配置することでこれを実現することになっている。

【0061】請求項27記載の発明では、請求項18記載のアレイ導波路格子で、光戻し手段は、高次回折光の結像位置に集光した光を入射して出力スラブ導波路の出力ポートおよび光の0次以外の高次回折光の結像位置以外の場所から入力側に出射させる光ファイバを具備することを特徴としている。

【0062】すなわち請求項27記載の発明では、請求項26記載の発明で使用したモニタ用導波路の代わりに光ファイバを使用したものである。

【0063】請求項28記載の発明では、(イ)各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、(ロ)この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重化するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、

(ハ)このマルチプレクサから出力される波長分割多重化された光信号を伝送する光伝送路と、(ニ)この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、(ホ)光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、(ヘ)このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備えた光通信システムで、(ト)マルチプレクサは、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、これらの入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置され多重化された光をモニタするモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備するアレイ導波路格子であることを特徴としている。

【0064】すなわち請求項28記載の発明では、光送

24

信手段と、この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重化するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、このマルチプレクサから出力される波長分割多重化された光信号を伝送する光伝送路と、この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信機とを備えたライン状の光通信システムで、これを構成するマルチプレクサを請求項1記載のアレイ導波路格子で構成することで、モニタ光を用いた制御を可能にしている。

【0065】請求項29記載の発明では、(イ)複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重化された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重化された光信号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重化する第2のアレイ導波路格子を備えた光通信システムで、(ロ)第2のアレイ導波路格子は、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、これらの入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置され多重化された光をモニタするモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備する素子であることを特徴としている。

【0066】すなわち請求項29記載の発明では、複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重化された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重化された光信号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重化する第2のアレイ導波路格子を備えた環状の光通信システムで、第2のアレイ導波路格子を請求項1記載のアレイ導波路格子で構成することで、モニタ光を用いた制御を可能にしている。

【0067】請求項30記載の発明では、(イ)各波長の光信号をパラレルに送出する光送信手段と、(ロ)この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重化するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、

(ハ)このマルチプレクサから出力される波長分割多重化された光信号を伝送する光伝送路と、(ニ)この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、(ホ)光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、(ヘ)このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信



(14)

特開 2002-148459

25

する光受信手段とを備えた光通信システムで、(ト)マルチプレクサは、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、これらの入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された1次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を入力して前記した複数の入力側に反射する高次回折光反射手段と、この高次回折光反射手段から反射された光を入力するために前記した複数の入力導波路以外の位置に配置された1または複数のモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備するアレイ導波路格子であることを特徴としている。

【0068】すなわち請求項3記載の発明では、光送信手段と、この光送信手段の送出した各波長の光信号を波長分割多重化するアレイ導波路格子からなるマルチプレクサと、このマルチプレクサから出力される波長分割多重化された光信号を伝送する光伝送路と、この光伝送路の途中に適宜配置されたアレイ導波路格子を備えたノードと、光伝送路をノードを経由して送られてきた光信号を入力し各波長の光信号に分離するアレイ導波路格子からなるデマルチプレクサと、このデマルチプレクサによって分離された各波長の光信号を受信する光受信手段とを備えたライン状の光通信システムで、これを構成するマルチプレクサは請求項3記載のアレイ導波路格子で構成することで、モニタ光を用いた制御を可能にしている。

【0069】請求項31記載の発明では、(イ)複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重化された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重化された光信号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重化する第2のアレイ導波路格子を備えた光通信システムで、(ロ)第2のアレイ導波路格子は、波長の異なる光をそれぞれの波長に対応して入力する複数の入力導波路と、これらの入力導波路から入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを通り入力される光の0次回折光の結像位置に配置された多重化された光出力用の出力ポートと、入力導波路から入力される光の多重化された0次以外の高次回折光の結像位置に配置されこの高次回折光を入力して複数の入力側に反射する高次回折光反射手段と、この高次回折光反射手段から反射された光を入力するために前記した複数の入力導波路以外の位置に配置された1または複数のモニタ用ポートとを備えたスラブ導波路を具備する素子であることを特徴としている。

【0070】すなわち請求項31記載の発明では、複数のノードを伝送路によって環状に接続し、これらの伝送路に波長分割多重化された光信号を伝送する環状伝送路を有し、それぞれのノードが波長分割多重化された光信

26

号を各波長の光信号に分離する第1のアレイ導波路格子と、各波長の光信号に分離された光信号を波長分割多重化する第2のアレイ導波路格子を備えた環状の光通信システムで、第2のアレイ導波路格子を請求項3記載のアレイ導波路格子で構成することで、モニタ光を用いた制御を可能にしている。

【0071】

【発明の実施の形態】

【0072】

10 【実施例】以下実施例につき本発明を詳細に説明する。

【0073】《第1の実施例》

【0074】図1は本発明の第1の実施例におけるアレイ導波路格子の全体的な構成を表わしたものである。アレイ導波路格子201は、基板202上に形成された信号光入力用の入力導波路203と、これに隣接する形で配置されたモニタ用の第1および第2のモニタ用出力導波路204、205と、各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206と、入力導波路203ならびに第1および第2のモニタ用出力導波路204、205とチャネル導波路アレイ206とを接続する入力スラブ導波路207と、信号光出力用の出力導波路208と、この出力導波路208とチャネル導波路アレイ206を接続する出力スラブ導波路209とによって構成されている。

【0075】この図1に示したアレイ導波路格子201は複数の光信号をそれぞれ異なる波長で多重化し、WDM (Wavelength Division Multiplexing) 信号として出力導波路208から出力するMUX (multiplexer) 用のAWG (arrayed waveguide grating: アレイ導波路格子) として用いられるものである。入力導波路203は複数の導波路で構成されており、それぞれ異なる波長の光を伝送するようになっている。チャネル導波路アレイ206は各導波路の長さが所定の導波路長差で順次長くなるように構成されており、これら複数の光のそれぞれについて位相差を付けて出力スラブ導波路209に到達させる。この結果、出力スラブ導波路209の出力導波路208に対応する出力ポートにはそれぞれの信号光を異なった波長で多重化した光が得られる。

【0076】また本実施例の出力スラブ導波路209は、次に説明するようにこの多重化された光の1次回折光をモニタ光としてチャネル導波路アレイ206方向に戻すようになっている。このモニタ光はチャネル導波路アレイ206から入力スラブ導波路207を伝搬することによって分波され、それぞれ元の波長の光信号に戻される。そして入力スラブ導波路207の出力側から逆方向に入射されて、モニタ用の第1および第2のモニタ用出力導波路204、205からモニタ光として出力されることになる。

【0077】なお、本実施例ではモニタ用出力導波路204、205を2つの領域に分けて配電している。本実

27

施例では、チャンネルごとに、この2つの領域においてモニタ光の受光レベルがより大きい方からモニタ光を取り出している。つまり、モニタするチャンネル数のモニタ用出力導波路を最適な領域に分けて配置することで、全チャンネルの最低受光レベルを大きくしている。もちろん、これに限られるものではなく、たとえば第1および第2のモニタ用出力導波路204、205のそれぞれで全チャンネルを受光できるようにすると、モニタ用出力導波路204、205のいずれか一方に製造上の不具合が発生してもアレイ導波路格子201自体を良品として使用することができる。

【0078】図2は、図1に示した出力スラブ導波路とその近傍を拡大して表わしたものである。出力スラブ導波路209の複数の入力ポート221i、……221nにはチャンネル導波路アレイ206の一端がそれぞれ接続されている。出力スラブ導波路209には、各波長の光信号が入力スラブ導波路とチャンネル導波路アレイを伝搬して入力ポート221i、……221nから出射される。出射された光信号は出力スラブ導波路209の出力側端面に波長で多重化されて焦点を結ぶ。その光信号の0次回折光の結像位置に1つの出力ポート223が配置されており、ここには出力導波路208の一端が配置されている。また、入力ポート221i、……221nから出射された光信号の1次回折光の結像位置224i、224jには、第1および第2のミラー225i、225jがそれらの反射面を入力ポート221i、……221nに対向させるような形で配置されている。本実施例ではモニタ光強度を高めるために第1と第2のミラーを配置しているが、もちろん、モニタ光強度が充分であればミラーを1枚のみの配置でも良い。

【0079】したがって、出力ポート223には多重化された比較的強い光が収束し、出力導波路208を経て基板202の外部にWDM信号226として出力される。結像位置224i、224jにおける1次回折光の強度は0次回折光よりも一段と弱くなっている。また、図示しないが2次以降の回折光の結像位置も存在し、これらもモニタ光として利用することは理論的に可能である。しかしながら2次以降の回折光の強さは、1次回折光よりも更に弱くなっているため、本実施例ではこれらを使用しない。

【0080】モニタ光として使用する1次回折光は、第1および第2のミラー225i、225jで反射される。これらの反射光は出力スラブ導波路209内を逆方向に伝搬し、入力ポート221i、……221nからチャンネル導波路アレイ206の出力側に入力しこれを図1に示した入力スラブ導波路207から伝搬されてくる光信号と逆方向に伝搬されていく。

【0081】入力スラブ導波路207の入力側には、図1に示したように入力導波路203ならびに第1および第2のモニタ用出力導波路204、205が配置されて

(15)

特開2002-148459

28

いる。したがって、第1および第2のモニタ用出力導波路204、205からはチャンネル導波路アレイ206を逆方向に進行してきたそれぞれ対応する波長の光が出力されることになる。そこで、これらのモニタ光を波長ごとにモニタして調整することでWDM信号226を構成する各信号光のレベルを最適な状態に保つことができる。

【0082】＜第2の実施例＞

【0083】図3は本発明の第2の実施例におけるアレイ導波路格子の全体的な構成を表わしたものである。この図3で第1の実施例における図1と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。

【0084】第2の実施例のアレイ導波路格子201は、基板202上に形成された信号光入力用の入力導波路203と、これに隣接する形で配置されたモニタ用の第1および第2のモニタ用出力導波路204、205と、各導波路の長さが所定の導波路長で順次長くなるように構成されたチャンネル導波路アレイ206と、入力導波路203ならびに第1および第2のモニタ用出力導波路204、205とチャンネル導波路アレイ206を接続する入力スラブ導波路207と、信号光出力用の出力導波路208と、基板202上で出力導波路208を挟むようにその両側に配置された第1および第2のモニタ用導波路231、232と、これら出力導波路208ならびに第1および第2のモニタ用導波路231、232とチャンネル導波路アレイ206とを接続する出力スラブ導波路209と、第1および第2のモニタ用導波路231、232の出力スラブ導波路209と接続された側の端部とは反対側の端部に接続された第1および第2のミラー233、234によって構成されている。ここで第1および第2のミラー233、234は基板202の端面に形成されている。

【0085】図4は、このような構成のアレイ導波路格子の出力スラブ導波路とその近傍を拡大して表わしたものである。入力スラブ導波路209の複数の入力ポート221i、……221nにはチャンネル導波路アレイ206の一端がそれぞれ接続されている。入力スラブ導波路とチャンネル導波路アレイを伝搬して入力ポート221i、……221nから出射される。出射された光信号は出力スラブ導波路209の出力側端面に波長で多重化されて焦点を結ぶ。その光信号の0次回折光の結像位置には1つの出力ポート223が配置されており、ここには出力導波路208の一端が配置されている。また、入力ポート221i、……221nから出射された光信号1次回折光の結像位置224i、224jには、第1および第2のモニタ用ポート241、242が配置されている。本実施例ではモニタ光強度を高めるために第1と第2のモニタポートを配置しているが、もちろん、モニタ光強度が充分であればモニタポートを片方のみの配置でも良い。

29

【0086】第1のモニタ用ポート241には第1のモニタ用導波路231の一端が接続されており、その他端は基板202の端面に蒸着等によって形成された第1のミラー233の反射面と対向配置されている。また、第2のモニタ用ポート242には第2のモニタ用導波路232の一端が接続されており、その他端は基板202の端面に同様に蒸着等によって形成された第2のミラー234の反射面と対向配置されている。なお、第1および第2のミラー233、234は他の個所で作成したミラーを基板202の端面に取り付けたものであってもよい。

【0087】このような第2の実施例のアレイ導波路格子201では、入力導波路203から各波長の光信号を入力すると、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206は、これら複数の光のそれぞれについて位相差を付けて出力スラブ導波路209に到達させる。この結果、各波長の光を多重化した光が出力ポート223から出力導波路208に入射し、その内部を伝搬された後、基板202の外部にWDM信号226として出力されることになる。

【0088】一方、第1および第2のモニタ用ポート241、242には入射光の1次回折光が結像する。これらの結像位置には第1および第2のモニタ用導波路231、232の一端がそれぞれ配置されている。したがって、これらの結像位置で多重化された光は、第1および第2のモニタ用導波路231、232を伝搬して第1、第2のミラー233、234に入射する。これらの入射光は全反射し、第1および第2のモニタ用導波路231、232を元の方向に伝搬されて、第1および第2のモニタ用ポート241、242に到達する。そしてこれ以後は第1の実施例で説明したと同様に入力ポート221、……221nからチャネル導波路アレイ206を経由して、図3に示す入力スラブ導波路207に到達する。

【0089】入力スラブ導波路207の入力側には、図3に示したように入力導波路203ならびに第1および第2のモニタ用出力導波路204、205が配置されている。したがって、第1および第2のモニタ用出力導波路204、205からはチャネル導波路アレイ206を逆方向に進行してきたそれぞれ対応する波長の光が出力されることになる。これらのモニタ用出力導波路204、205を伝搬されてきた光をモニタすれば、入力導波路203を経て出力スラブ導波路209に入射した各光信号の状態をチェックすることができる。

【0090】＜第3の実施例＞

【0091】図5は本発明の第3の実施例におけるアレイ導波路格子を使用した光送信装置の要部の構成を表わしたものである。この図5で第1の実施例における図1と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明

(16)

特開2002-148459

30

を適宜省略する。第3の実施例の光送信装置のアレイ導波路格子201の部分、基板202上に形成された信号光入力用の入力導波路203と、これに隣接する形で配置されたモニタ用の第1および第2のモニタ用出力導波路204、205と、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206と、入力導波路203ならびに第1および第2のモニタ用出力導波路204、205とチャネル導波路アレイ206とを接続する入力スラブ導波路207と、信号光出力用の出力導波路208と、基板202上で出力導波路208を挟むようにその両側に配置された第1および第2のモニタ用導波路231、232と、これら出力導波路208ならびに第1および第2のモニタ用導波路231、232とチャネル導波路アレイ206とを接続する出力スラブ導波路209と、出力導波路208ならびに第1および第2のモニタ用導波路231、232と基板202の一端において接続されたファイバアレイ251とによって構成されている。

【0092】図6は、このような構成の光送信装置におけるアレイ導波路格子の出力側とその近傍を拡大して表わしたものである。ファイバアレイ251は出力導波路208と光学的に接続されWDM信号226を取り出す信号光出力用ファイバ252と、第1あるいは第2のモニタ用導波路231、232と光学的に接続されたモニタ信号用ファイバ253、254から構成されている。このうちモニタ信号用ファイバアレイ253、254の基板202と反対側の端面は全反射終端255、256となっている。このような全反射終端は、たとえばモニタ信号用ファイバ253、254の端面に金属を蒸着することによって実現が可能であり、このような市販品をそのまま使用することが可能である。もちろん、ミラー等の部品を配置して全反射終端255、256を構成することも可能である。

【0093】この第3の実施例のアレイ導波路格子201でも出力スラブ導波路209の出力側と接続されたモニタ信号用ファイバ253、254を伝搬した1次回折光は全反射終端255、256によって全反射されて再び出力スラブ導波路209に戻ってくる。これらの多重化されたモニタ光は、チャネル導波路アレイ206を逆方向に進行して分波され、図5に示す第1および第2のモニタ用出力導波路204、205から、各波長のモニタ光として出力されることになる。これらの光をモニタすれば、入力導波路203を経て出力スラブ導波路209に入射した各光信号の状態をチェックすることができる。

【0094】＜第4の実施例＞

【0095】図7は本発明の第4の実施例におけるアレイ導波路格子の構成を表わしたものである。この図7で第2の実施例における図3と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。第4の実施

(17)

特開2002-148459

31

例の光送信装置のアレイ導波路格子2014の部分は、基板2024上に形成された信号光入力用の入力導波路203と、これに隣接する形で配置されたモニタ用の第1および第2のモニタ用出力導波路204、205と、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206と、入力導波路203ならびに第1および第2のモニタ用出力導波路204、205とチャネル導波路アレイ206とを接続する入力スラブ導波路207と、信号光出力用の出力導波路208と、基板2022上で出力導波路208を挟むようにその両側に配置された第1および第2のモニタ用導波路231A、232Aと、これら出力導波路208ならびに第1および第2のモニタ用導波路231A、232Aとチャネル導波路アレイ206とを接続する出力スラブ導波路2092と、第1および第2のモニタ用導波路231A、232Aにおける出力スラブ導波路2092と反対側の端部にそれぞれ接続された第1および第2のミラー233A、234Aによって構成されている。

【0096】図8は、このような構成のアレイ導波路格子の出力スラブ導波路とその近傍を拡大して表わしたものである。出力スラブ導波路2092の複数の入力ポート2211、……221Nにはチャネル導波路アレイ206の一端がそれぞれ接続されている。入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを伝搬して入力ポート2211、……221Nから出射される。出射された光信号は出力スラブ導波路2091の出力側端面に波長で多重化されて焦点を結ぶ。その光信号の0次回折光の結像位置には1つの出力ポート223が配置されており、ここには出力導波路208の一端が配置されている。また、入力ポート2211、……221Nから入力された各波長の光信号の1次回折光の結像位置2241、2242には、第1および第2のモニタ用ポート241、242が配置されている。

【0097】第1のモニタ用ポート241には第1のモニタ用導波路231Aの一端が接続されており、その他端は基板2024の端面に至る前の所定位置に蒸着等によって形成された第1のミラー233Aの反射面と対向配置されている。また、第2のモニタ用ポート242には第2のモニタ用導波路232Aの一端が接続されており、その他端は基板2022の端面に至る前の所定位置に蒸着等によって形成された第2のミラー234Aの反射面と対向配置されている。なお、第1および第2のミラー233A、234Aはこれら第1および第2のモニタ用導波路231A、232Aの他端に金属等を蒸着したものや屈折率の異なるものを接合したものであってもよい。

【0098】このような第4の実施例のアレイ導波路格子2014では、入力導波路203から各波長の光信号を入力すると、各導波路の長さが所定の導波路長さで順

32

次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206は、これら複数の光のそれぞれについて位相差を付けて出力スラブ導波路2091に到達させる。この結果、各波長の光を多重化した光が出力ポート223から出力導波路208に入射し、その内部を伝搬された後、基板2022の外部にWDM信号226として出力されることになる。

【0099】一方、第1および第2のモニタ用ポート241、242には出力ポート223への入射光の1次回折光が結像する。これらの結像位置には第1および第2のモニタ用導波路231A、232Aの一端がそれぞれ配置されている。したがって、これらの結像位置で多重化された光は、第1および第2のモニタ用導波路231A、232Aを伝搬して第1、第2のミラー233A、234Aに入射する。これらの入射光は入射方向に全反射し、第1および第2のモニタ用導波路231A、232Aを元の方に伝搬されて、第1および第2のモニタ用ポート241、242に到達する。そしてこれ以後は第1の実施例で説明したと同様に入力ポート2211、……221Nからチャネル導波路アレイ206を経由して、図7に示す入力スラブ導波路207に到達する。

【0100】入力スラブ導波路207の入力側には、図7に示したように入力導波路203ならびに第1および第2のモニタ用出力導波路204、205が配置されている。したがって、第1および第2のモニタ用出力導波路204、205からはチャネル導波路アレイ206を逆方向に進行してきたそれぞれ対応する波長の光が出力されることになる。これらのモニタ用出力導波路204、205を伝搬されてきた光のいずれか一方を最低限モニタすれば、入力導波路203を経て出力スラブ導波路2092に入射した各光信号の状態をチェックすることができる。

【0101】＜第5の実施例＞

【0102】図9は本発明の第5の実施例におけるアレイ導波路格子を使用した光送信装置の要部の構成を表わしたものである。この図9で第2の実施例における図3と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。第5の実施例の光送信装置のアレイ導波路格子2015の部分は、基板2025上に形成された信号光入力用の入力導波路203と、これに隣接する形で配置されたモニタ用の第1および第2のモニタ用出力導波路204、205と、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206と、入力導波路203ならびに第1および第2のモニタ用出力導波路204、205とチャネル導波路アレイ206とを接続する入力スラブ導波路207と、信号光出力用の出力導波路208と、基板2022上で出力導波路208を挟むようにその両側に配置された第1および第2のモニタ用導波路231、232と、これら出力導波路208ならびに第1および第2のモニ

33

タ用導波路231、232とチャネル導波路アレイ206とを接続する出力スラブ導波路209と、第1および第2のモニタ用導波路231、232を基板202の一端において互いに接続した光ファイバ271とによって構成されている。

【0103】図10は、このような構成の光送信装置におけるアレイ導波路格子の出力側とその近傍を拡大して表わしたものである。基板202の端面では、出力導波路208と信号光出力用ファイバ252が接続され、また第1および第2のモニタ用導波路231、232のそれぞれの端部が光ファイバ271によって接続されている。したがって、第1のモニタ用導波路231に入力された多重化されたモニタ光は光ファイバ271を経て第2のモニタ用導波路232に戻り、第2のモニタ用導波路232に入力された多重化されたモニタ光は光ファイバ271を経て第1のモニタ用導波路231に戻るようになる。このようにして再び出力スラブ導波路209に戻ってきた多重化されたモニタ光は、チャネル導波路アレイ206を逆方向に進行して分波され、図9に示す第1および第2のモニタ用出力導波路204、205から、各波長のモニタ光として出力されることになる。これらの光をモニタすれば、入力導波路203を経て出力スラブ導波路209に入射した各光信号の状態をチェックすることができる。

【0104】＜第6の実施例＞

【0105】図11は本発明の第6の実施例におけるアレイ導波路格子の構成を表わしたものである。この図11で第2の実施例における図3と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。

【0106】第6の実施例のアレイ導波路格子201は、基板202上に形成された信号光入力用の入力導波路203と、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206と、入力導波路203ならびに帰還導波路281とチャネル導波路アレイ206を接続する入力スラブ導波路207と、信号光出力用の出力導波路208と、基板202の片側の端面にそれぞれ一端を配置した出力モニタ用導波路282と、これら出力導波路208、出力モニタ用導波路282および帰還導波路281の他端とチャネル導波路アレイ206とを接続する出力スラブ導波路209とによって構成されている。

【0107】図12は、このような構成のアレイ導波路格子の出力スラブ導波路とその近傍を拡大して表わしたものである。出力スラブ導波路209の複数の入力ポート221、……221nにはチャネル導波路アレイ206の一端がそれぞれ接続されている。入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを伝搬して入力ポート221、……221nから出射される。出射された光信号は出力スラブ導波路209の出力側端面に波長で多重化されて焦点を結び、その光信号の0次回折光の結像位置に

(18)

特開2002-148459

34

は1つの出力ポート223が配置されており、ここには出力導波路208の一端が配置されている。また、入力ポート221、……221nから出射された光信号の1次回折光の結像位置224には、帰還導波路281の前記した他端242が配置されている。

【0108】入力導波路203から入射した信号光の焦点以外の位置にある、帰還信号光の焦点位置284には出力モニタ用導波路282の一端が接続されており、その他端は基板202の端面に達しており、モニタ用のファイバアレイ285を構成する各光ファイバの一端と接続されている。出力導波路208には、これに光学的に接続されてWDM信号226を取り出す信号光出力用ファイバ252が接続されている。

【0109】このような第6の実施例のアレイ導波路格子201では、入力導波路203から各波長の光信号を入力すると、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206は、これら複数の光のそれぞれについて位相差を付けて出力スラブ導波路209に到達させる。この結果、各波長の光を多重化した光が出力ポート223から出力導波路208に入射し、その内部を伝搬された後、基板202の外側にWDM信号226として出力されることになる。

【0110】一方、入力導波路から入射した信号光の1次回折光の結像位置224には入射光の1次回折光が結像する。この結像位置には帰還導波路281の一端が配置されている。したがって、この結像位置で多重化された光は、帰還導波路281を伝搬して入力スラブ導波路207の入力ポートからその内部に入射する。このモニタ用の多重光は入力導波路203から入力された本来の信号光と共にチャネル導波路アレイ206に入射する。そしてチャネル導波路アレイ206を伝搬して出力スラブ導波路209から元の各波長に分波されて出射される。そして、帰還信号光の焦点位置284には、それぞれの波長に分波したモニタ光が得られる。したがって、モニタ用のファイバアレイ285を伝搬されてきた光をモニタすれば、入力導波路203を経て出力スラブ導波路209に入射した各光信号の状態をチェックすることができる。

【0111】＜第7の実施例＞

【0112】図13は本発明の第7の実施例におけるアレイ導波路格子を使用した光送信装置の要部の構成を表わしたものである。この図13で第2の実施例における図3と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。

【0113】第7の実施例のアレイ導波路格子201は、基板202上に形成された信号光入力用の入力導波路203と、各導波路の長さが所定の導波路長さで順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206と、入力導波路203とチャネル導波路アレイ206

35

を接続する入力スラブ導波路2071と、信号光出力用の出力導波路208と、基板2022の片側の端面にそれぞれ一端を配置した出力モニタ用導波路282と、第2のモニタ用導波路232と、これら出力導波路208、出力モニタ用導波路282および第2のモニタ用導波路232の一端とチャネル導波路アレイ206とを接続する出力スラブ導波路209とによって構成されている。第2のモニタ用導波路232の他端は基板2027の端部にまで延びており、この端部は帰還用の光ファイバ291によって接続されている。

【0114】図14は、このような構成の光送信装置におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路とその近傍を拡大して表わしたものである。出力スラブ導波路209の複数の入力ポート2211、……221nにはチャネル導波路アレイ206の一端がそれぞれ接続されている。入力スラブ導波路とチャネル導波路アレイを伝搬して入力ポート2211、……221nから出射される。出射された光信号は出力スラブ導波路209の出力側端面に波長で多重化されて焦点を結ぶ。その光信号の0次回折光の結像位置には1つの出力ポート223が配置されており、ここには出力導波路208の一端が配置されている。また、入力ポート2211、……221nから出射された光信号の1次回折光の結像位置2242には、帰還導波路281の前記した他端242が配置されている。

【0115】帰還させたモニタ光が分波した後の結像位置284には出力モニタ用導波路282の一端が接続されており、その他端は基板2022の端面に達しており、モニタ用のファイバアレイ285を構成する各光ファイバの一端と接続されている。出力導波路208には、これに光学的に接続されてWDM信号226を取り出す信号光出力用ファイバ252が接続されている。また、前記したように第2のモニタ用導波路232の他端は帰還用の光ファイバ291の一端と接続されている。

【0116】このような第7の実施例のアレイ導波路格子201では、入力導波路203から各波長の光信号を入力すると、各導波路の長さが所定の導波路長で順次長くなるように構成されたチャネル導波路アレイ206は、これら複数の光のそれぞれについて位相遅延を付けて出力スラブ導波路209に到達させる。この結果、各波長の光を多重化した光が出力ポート223から出力導波路208に入射し、その内部を伝搬された後、基板2022の外部にWDM信号226として出力されることになる。

【0117】一方、入力導波路から入射した信号光の1次回折光の結像位置2242には入射光の1次回折光が結像する。この結像位置には第2のモニタ用導波路232の一端が配置されている。したがって、この結像位置で多重化された光は、第2のモニタ用導波路232を伝搬し、更に帰還用の光ファイバ291を経由して入力ス

(19)

特開2002-148469

36

ラブ導波路2071の入力ポートからその内部に入射する。このモニタ用の多重光は入力導波路203から入力された本来の信号光と共にチャネル導波路アレイ206に入射する。そしてチャネル導波路アレイ206を伝搬して出力スラブ導波路209から元の各波長に分波されて出射される。そして、帰還信号光の焦点位置284には、それぞれの波長に分波したモニタ光が得られる。したがって、モニタ用のファイバアレイを伝搬されてきた光をモニタすれば、入力導波路203を経て出力スラブ導波路209に入射した各光信号の状態をチェックすることができる。

【0118】《第8の実施例》

【0119】ところで、以上説明した第1～第5の実施例では、入力スラブ導波路207に戻したモニタ光を第1あるいは第2のモニタ用出力導波路204、205を使用して取り出すようにしている。このとき、何らの措置もしなければ入力スラブ導波路207に逆向きに入力したモニタ光は入力導波路203にも入射して信号光の送光側あるいは光源側に送られることになる。第6および第7の実施例における出力スラブ導波路209、2097についても同様の問題がある。これらに対しては各種の対処が可能である。しかしながらこのような措置を行う代わりに、入力導波路203に入射するモニタ光の信号レベルを実際上問題のない程度にまで軽減することも有効である。

【0120】図15は本発明の第8の実施例におけるアレイ導波路格子の入力スラブ導波路とその入出力端部近傍を表わしたものである。図15で図1と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。本実施例の入力スラブ導波路207Aでは、チャネル導波路アレイ206から入力スラブ導波路207Aに入射したモニタ光の0次回折光301が第2のモニタ用出力導波路205の各モニタ用ポートの位置に結像するようになっている。入力導波路203のそれぞれの主信号の入力ポートに対してはモニタ光の1次回折光302が2分の1チャネルずつずれて、すなわち各入力ポートのちょうど中間位置に結像するような配置となっている。

【0121】各入力ポートのちょうど中間位置に1次回折光302が結像するように各入力導波路203を配置しているので、入力導波路203を通じて光源側に戻るモニタ光の信号レベルは実際上問題を生じない程度に弱めることができる。

【0122】《第9の実施例》

【0123】図16は本発明の第9の実施例におけるアレイ導波路格子の入力スラブ導波路とその入出力端部近傍を表わしたものである。図16で図1と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。本実施例の入力スラブ導波路207Bでは、チャネル導波路アレイ206から入力スラブ導波路207Aに

(20)

特開 2002-148459

37

入射したモニタ光の0次回折光301が第2のモニタ用出力導波路205の各モニタ用ポートの位置に結像するようになっている。この点は第8の実施例の場合と同じである。本実施例の場合には第8の実施例の場合よりもモニタ光の0次回折光301と1次回折光302の間の距離が大きく離れている。このため、モニタ光の1次回折光302は入力導波路203の配置されたポートよりも第2のモニタ用出力導波路205側とは反対側に偏った位置に結像する。

【0124】さらに、各メインポートには図示しない2次回折光等のより高次のモニタ光は入力導波路203より離れた位置に結像するので、入力導波路203を通じて光源側に戻るモニタ光は問題を生じない。

【0125】＜第10の実施例＞

【0126】図17は本発明の第10の実施例におけるアレイ導波路格子の入力スラブ導波路とその出力端部近傍を省略したものである。この図17で図1と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。本実施例の入力スラブ導波路207Cでは、チャンネル導波路アレイ206の出力側から入射したモニタ光の0次回折光301がモニタ用出力導波路308の各モニタ用ポートの位置に結像するようになっている。

【0127】本実施例の場合にはモニタ用出力導波路308の各モニタ用ポート311（図で△で示す。）は、入力導波路203の各入力ポート312（図で○で示す。）の中間位置に配置されている。モニタ光の1次回折光301およびこれ以降の高次回折光はこれらの更に外側に結像するようになっている。したがって、本実施例の場合にも、各入力ポート312から入力導波路203に伝搬するモニタ光を大幅に軽減することができる。しかも、入力導波路203およびモニタ用出力導波路308が共に入力スラブ導波路207Cの中央部側に配置されるので、モニタ用出力導波路308の損失を低減することができる。

【0128】＜第11の実施例＞

【0129】以上、第8～第10の実施例ではメインポート側への反射減衰量を低減できることを示したが、これらを実施するための具体的な構造を以下に示す。

【0130】図18は本発明の第11の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示したものである。チャンネル導波路アレイ206から出力スラブ導波路209Aに入力された信号光の0次回折光331は出力ポートから出力導波路208内に伝搬していく。1次回折光332は、1次回折光332と直交する方向からわずかに傾斜したミラー333に入射し、チャンネル導波路アレイ206の出力側に反射光335として戻っていくようになっている。

【0131】図の0次回折光331と1次回折光332の各光路のなす角度を $\theta_1$ とし、0次回折光331と反射光335の各光路のなす角度を $\theta_2$ とすると、角度 $\theta_2$

38

は $\theta_1$ と相違する。このように出力スラブ導波路209Aから反射するモニタ光の角度をわずかに変化させるだけで、第1の実施例の図2で示したように入射光と全く同一経路を経てモニタ光が戻っていく場合に比べて入力導波路203（図1参照）に戻る量を減少させることができる。

【0132】なお、ミラー333は出力スラブ導波路209Aを形成する際または形成した後に、これらのミラーに相当する箇所を金属あるいは周囲と異なった物質を蒸着する等によって高精度に作成することができる。また、出力導波路208を挟んで反対側の1次回折光の焦点位置に、新たなミラーを追加してもよい。次に説明する第12の実施例でも同様である。

【0133】＜第12の実施例＞

【0134】図19は本発明の第12の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示したものである。図19で図18と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。

【0135】この実施例の出力スラブ導波路209Bは先の第11の実施例と異なり1次回折光の位置に2枚組みミラー341を配置している。2枚組みミラー341を構成する2つの面341<sub>1</sub>、341<sub>2</sub>は間隔を置いて配置されている。このように2枚組みミラー341を配置し、2つの面341<sub>1</sub>、341<sub>2</sub>を独立させてそれらの間隔と角度制御することができるので、第11の実施例と比べると、反射角の制御幅を大きくとることができる。もちろん、反射ミラーを3枚以上使っても良く、また、反射ミラーの位置は出力スラブ導波路209B内の任意の位置で良い。

【0136】＜第13の実施例＞

【0137】図20は本発明の第13の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示したものである。図20で図4および図18と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。

【0138】この実施例の出力スラブ導波路209Cは図3および図4に示した第2の実施例の基板202と同等に基板202の端面に第1および第2のミラー233、234を形成している。そして、1次回折光の結像する第1のモニタ用ポート241には第1のモニタ用導波路231の一端が接続されており、その他端は基板202の端面に形成された第1のミラー233の反射面と対向配置されている。また、同じく1次回折光の結像する第2のモニタ用ポート242には第2のモニタ用導波路232の一端が接続されており、その他端は基板202の端面に形成された第2のミラー234の反射面と対向配置されている。

【0139】第2の実施例の基板202と異なるのは、第1のミラー233によるモニタ光の反射光は第1の反射光用導波路361によって0次回折光の結像位置



(21)

特開 2002-148459

39

40

でも 1 次回折光の結像位置でもない箇所から出力スラブ導波路 209C 内に戻されていることである。第 2 のミラー 234 の場合も同様であり、これによるモニタ光の反射光は第 2 の反射光用導波路 362 によって 0 次回折光の結像位置でも 1 次回折光の結像位置でもない箇所から出力スラブ導波路 209C 内に戻されている。これにより、入力導波路 203 (図 1 参照) に戻る量を減少させることができる。また、必ずしもこの例のように第 1 のミラーと第 2 のミラーの 2 つを使う必要はなく、どちらか一方だけでも良い。以下の第 14、第 15 の実施例も同様である。

【0140】<第 14 の実施例>

【0141】図 21 は本発明の第 14 の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示したものである。図 21 で図 10 および図 20 と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。

【0142】この実施例の出力スラブ導波路 209D は基板 2021a の端部まで第 1 のモニタ用導波路 231 と第 2 のモニタ用導波路 232 を配置している。また、これらのモニタ用導波路 231、232 とほぼ平行に第 1 および第 2 の反射光用導波路 381、382 を用意している。このうちの第 1 の反射光用導波路 381 は、図 20 に示した第 1 の反射光用導波路 361 と同一位置で出力スラブ導波路 209D と接続されている。第 2 の反射光用導波路 382 も、図 20 に示した第 2 の反射光用導波路 362 と同一位置で出力スラブ導波路 209D と接続されている。基板 2021a の端部にはファイバアレイ 384 が接続されている。

【0143】このうちの信号光出力用ファイバ 252 は、出力導波路 208 と光学的に接続され WDM 信号 226 を取り出すようになっている。また、第 1 の引き回し光ファイバ 391 は第 1 のモニタ用導波路 231 と第 1 の反射光用導波路 381 を接続している。同様に第 2 の引き回し光ファイバ 392 は第 2 のモニタ用導波路 232 と第 2 の反射光用導波路 382 を接続している。したがって、モニタ光は第 1 の反射光用導波路 381 によって 0 次回折光の結像位置でも 1 次回折光の結像位置でもない箇所から出力スラブ導波路 209D 内に戻される。また、他方のモニタ光も第 2 の反射光用導波路 382 によって 0 次回折光の結像位置でも 1 次回折光の結像位置でもない箇所から出力スラブ導波路 209D 内に戻される。これにより、入力導波路 203 (図 1 参照) に戻る量を減少させることができる。

【0144】<第 15 の実施例>

【0145】図 22 は本発明の第 15 の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示したものである。図 22 で図 21 と同一部分には同一の符号を付しており、これらの説明を適宜省略する。

【0146】この実施例の出力スラブ導波路 209E

は、先の実施例の第 1 のモニタ用導波路 231 と第 1 の反射光用導波路 381 を基板 2021b の端部に至る前で光学的に接続したような経路をとった第 1 の引き回し導波路 395 を有している。また、同様に第 2 のモニタ用導波路 232 と第 2 の反射光用導波路 382 を基板 2021b の端部に至る前で光学的に接続したような経路をとった第 2 の引き回し導波路 396 を有している。したがって、モニタ光は第 1 の引き回し導波路 395 によって 0 次回折光の結像位置でも 1 次回折光の結像位置でもない箇所から出力スラブ導波路 209E 内に戻される。また、他方のモニタ光も第 2 の引き回し導波路 396 によって 0 次回折光の結像位置でも 1 次回折光の結像位置でもない箇所から出力スラブ導波路 209E 内に戻される。これにより、入力導波路 203 (図 1 参照) に戻る量を減少させることができる。

【0147】<第 16 の実施例>

【0148】図 23 は、本発明の第 16 の実施例における光通信システムの構成の概要を表わしたものである。この光通信システムで、送信側に配置された図示しない S O N E T (Synchronous Optical Network) 装置に接続された光送信機 401 から送り出された波長  $\lambda_1 \sim \lambda_N$  の N チャネル分の光信号は光マルチプレクサ (MUX) 402 で多重化された後、ブースタアンプ 403 で増幅されて光伝送路 404 に送り出される。光マルチプレクサ 402 は、たとえば第 1 の実施例で説明したようなアレイ導波路格子で構成されている。多重化された光信号 405 はインラインアンプ 406 で適宜増幅された後、ブリアンプ 407 を経て光デマルチプレクサ (DMUX) 408 で元の波長  $\lambda_1 \sim \lambda_N$  に分離され、光受信機 409 で受信されるが、その途中の光伝送路 404 に適宜の数のノード (OADM) 411<sub>1</sub> ~ 411<sub>M</sub> が配置されている。これらのノード 411<sub>1</sub> ~ 411<sub>M</sub> では、所望の波長の光信号が入出力されることになる。

【0149】図 24 は、ノードの構成の概要を示したものである。ここでは第 1 のノード 411<sub>1</sub> を示しているが、第 2 ~ 第 M のノード 411<sub>2</sub> ~ 411<sub>M</sub> も原理的には同一の構成となっている。図 23 に示した光伝送路 404 は、第 1 のノード 411<sub>1</sub> の入力側アレイ導波路格子 421 に入力されて波長  $\lambda_1 \sim \lambda_N$  の N チャネル分の光信号に分波され、各波長  $\lambda_1 \sim \lambda_N$  ごとに設けられた 2 入力 2 出力の光スイッチ 422<sub>1</sub> ~ 422<sub>M</sub> によって、それぞれの波長  $\lambda_1 \sim \lambda_N$  の光信号をノード側受信部 426 に取り込む (drop) と共に、ノード側送信部 424 から送信した光信号を挿入する (Add)。2 入力 2 出力の光スイッチ 422<sub>1</sub> ~ 422<sub>M</sub> の出力は出力側アレイ導波路格子 428 にそのまま入力されるようになっている。出力側アレイ導波路格子 428 は入力側アレイ導波路格子 421 と逆の構成の素子であり、波長  $\lambda_1 \sim \lambda_N$  の N チャネル分の光信号を多重化して光伝送路 404 に光信号 405 として送り出すことになる。

41

【0150】このように図24に示した第1のノード411を始めとして、図示しない第2～第Mのノード411～411Mおよび光マルチプレクサ402ならびに光デマルチプレクサ408は共にアレイ導波路格子を使用している。したがって、光信号405のチャネル数Nが多くなる要請の下で、アレイ導波路格子の出力側スラブ導波路から多チャネルで取り出される各レーザ光の波長の安定化や出力レベルの監視が重要となる。このため、図23に示すようにこれら各ノード411～411Mおよび光送信機401には、これらに対応してそれぞれ出力監視制御装置431～431Mおよび431Sが取り付けられている。

【0151】

【発明の効果】以上説明したように請求項1～請求項3、請求項9～請求項27記載の発明によれば、アレイ導波路格子のスラブ導波路に入力される光の0次以外の高次回折光を使用してモニタを行うことにしたので、本来の多重光を分岐してモニタ光を得る手法と比べると、このような分岐手段が不要になるだけでなく、分岐を行わないので本来の多重光の信号レベルを低下させることがない。しかも高次回折光を使用するので、モニタを正確に行うことができる。

【0152】また、請求項4～請求項8記載の発明によれば、光送信装置を構成するアレイ導波路格子のスラブ導波路に入力される光の0次以外の高次回折光を使用してモニタを行うことにしたので、本来の多重光を分岐してモニタ光を得る手法と比べると、このような分岐手段が不要になるので光送信装置のコストダウンと小型化を図ることができる。しかも本来使用する光の分岐を行わないのでその信号レベルを低下させることがない。また高次回折光を使用するので、モニタを正確に行うことができる。

【0153】更に請求項28～請求項31記載の発明によれば、光通信システムを構成するアレイ導波路格子のスラブ導波路に入力される光の0次以外の高次回折光を使用してモニタを行うことにしたので、本来の多重光を分岐してモニタ光を得る手法と比べると、このような分岐手段が不要になるので光通信システム全体のコストダウンと各装置の小型化を図ることができる。しかも本来使用する光の分岐を行わないのでその信号レベルを低下させることがない。また高次回折光を使用するので、モニタを正確に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例におけるアレイ導波路格子の全体的な構成を表わした平面図である。

【図2】図1に示した出力スラブ導波路とその近傍を拡大して表わした平面図である。

【図3】本発明の第2の実施例におけるアレイ導波路格子の全体的な構成を表わした平面図である。

【図4】第2の実施例でアレイ導波路格子のスラブ導波

(22)

特開2002-148459

42

路とその近傍を拡大して表わした平面図である。

【図5】本発明の第3の実施例におけるアレイ導波路格子を使用した光送信装置の要部の構成を表わした平面図である。

【図6】第3の実施例で光送信装置におけるアレイ導波路格子の出力側とその近傍を拡大して表わした平面図である。

【図7】本発明の第4の実施例におけるアレイ導波路格子の構成を表わした平面図である。

【図8】第4の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路とその近傍を拡大して表わした平面図である。

【図9】本発明の第5の実施例におけるアレイ導波路格子を使用した光送信装置の要部を表わした平面図である。

【図10】第5の実施例におけるアレイ導波路格子の出力側とその近傍を拡大して表わした平面図である。

【図11】本発明の第6の実施例におけるアレイ導波路格子の構成を表わした平面図である。

【図12】第6の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路とその近傍を拡大して表わした平面図である。

【図13】本発明の第7の実施例におけるアレイ導波路格子を使用した光送信装置の要部を表わした平面図である。

【図14】第7の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路とその近傍を拡大して表わした平面図である。

【図15】本発明の第8の実施例におけるアレイ導波路格子の入力スラブ導波路とその入出力端部近傍を表わした平面図である。

【図16】本発明の第9の実施例におけるアレイ導波路格子の入力スラブ導波路とその入出力端部近傍を表わした平面図である。

【図17】本発明の第10の実施例におけるアレイ導波路格子の入力スラブ導波路とその入出力端部近傍を表わした平面図である。

【図18】本発明の第11の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示した原理図である。

【図19】本発明の第12の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示した平面図である。

【図20】本発明の第13の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示した平面図である。

【図21】本発明の第14の実施例におけるアレイ導波路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示した平面図である。

【図22】本発明の第15の実施例におけるアレイ導波

43

路格子の出力スラブ導波路およびその周辺を示した平面図である。

【図23】本発明の第16の実施例における光通信システムの構成の概要を表わしたシステム構成図である。

【図24】図23のシステムにおけるノードの構成の概要を示したブロック図である。

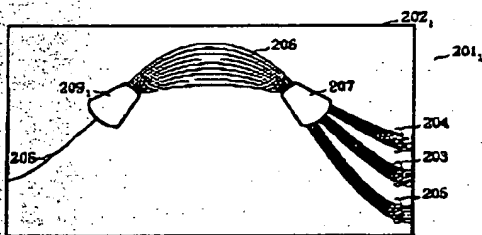
【図25】タッピングデバイスを使用した従来の合波装置の概要を示した概略構成図である。

【図26】従来提案されたアレイ導波路格子の構成を表わした平面図である。

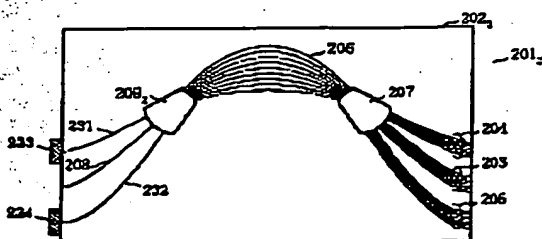
【符号の説明】

- 201 アレイ導波路格子
- 202 基板
- 203 (信号光入力用の) 入力導波路
- 204 第1のモニタ用出力導波路
- 205 第2のモニタ用出力導波路
- 206 チャンネル導波路アレイ
- 207 入力スラブ導波路
- 208 出力導波路
- 209 出力スラブ導波路
- 225 ミラー
- 231 第1のモニタ用導波路
- 232 第2のモニタ用導波路

【図1】



【図3】



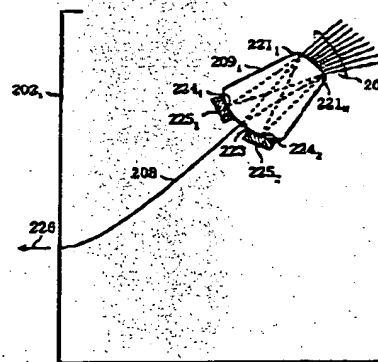
(23)

特開2002-148459

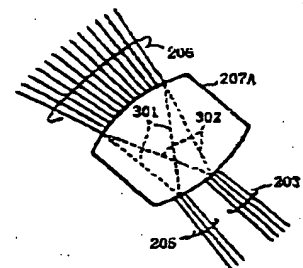
44

- 233 第1のミラー
- 234 第2のミラー
- 255、256 全反射終端
- 271 光ファイバ
- 285 (モニタ用の) ファイバアレイ
- 301 モニタ光の0次回折光
- 302 モニタ光の1次回折光
- 333、341 2枚組みミラー
- 361、381 第1の反射光用導波路
- 362、382 第2の反射光用導波路
- 391 第1の引き回し光ファイバ
- 392 第2の引き回し光ファイバ
- 395 第1の引き回し導波路
- 396 第2の引き回し導波路
- 401 光送信機
- 402 光マルチプレクサ (MUX)
- 408 光デマルチプレクサ (DMUX)
- 409 光受信機
- 411 ノード (OADM)
- 421 入力側アレイ導波路格子
- 428 出力側アレイ導波路格子
- 431 出力監視制御装置

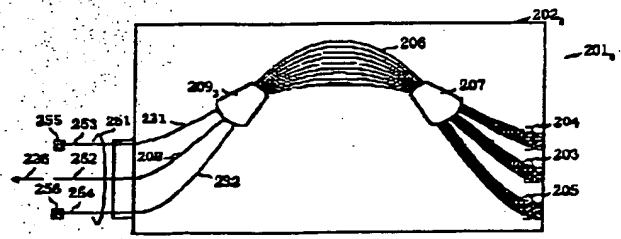
【図2】



【図15】



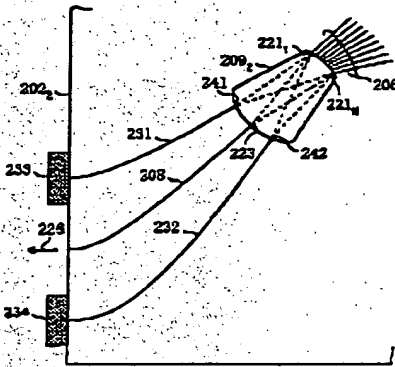
【図5】



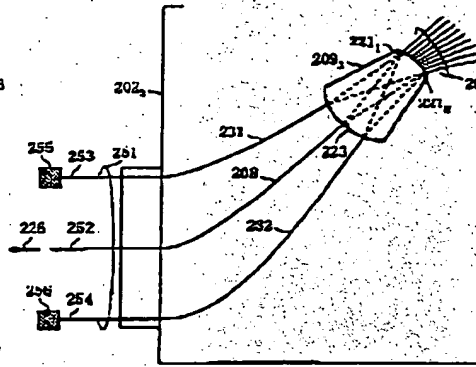
(24)

特開 2002-148459

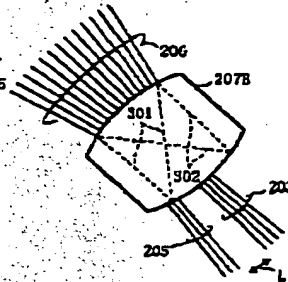
【図 4】



【図 6】



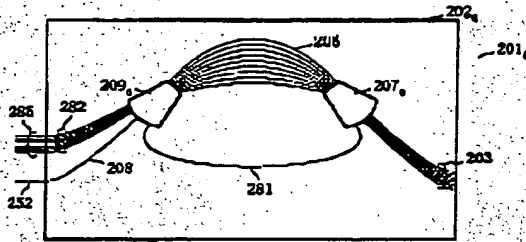
【図 16】



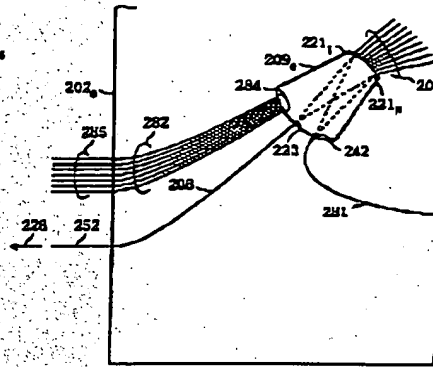
(25)

特開 2002-148459

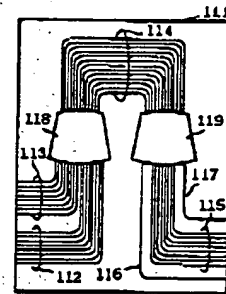
【図 11】



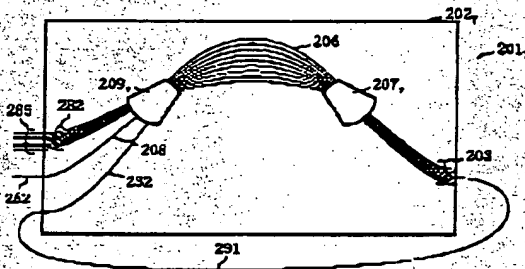
【図 12】



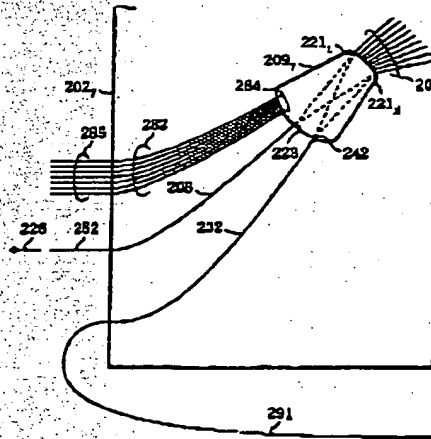
【図 26】



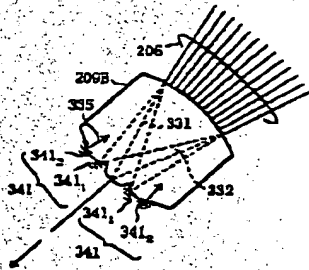
【図 13】



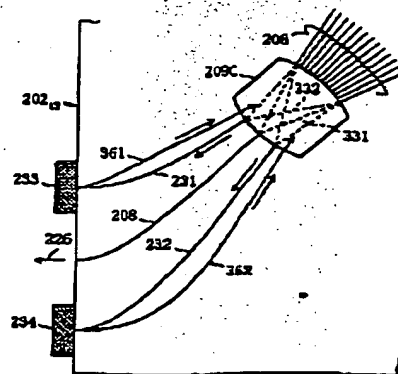
【図 14】



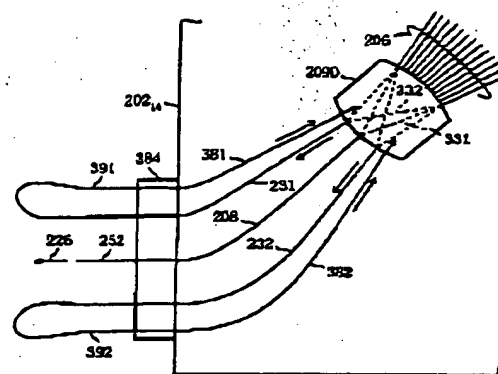
【図 19】



【図 20】



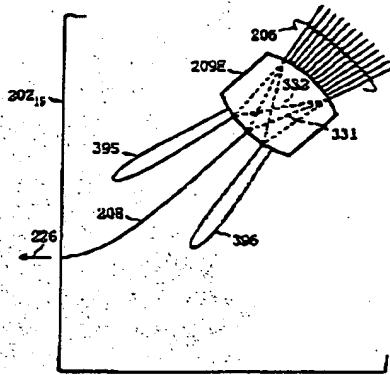
【図 21】



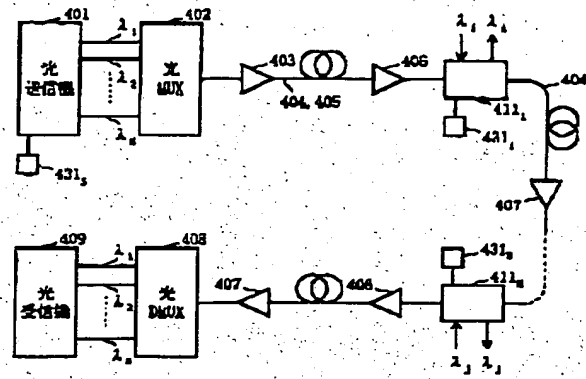
(25)

特開 2002-148459

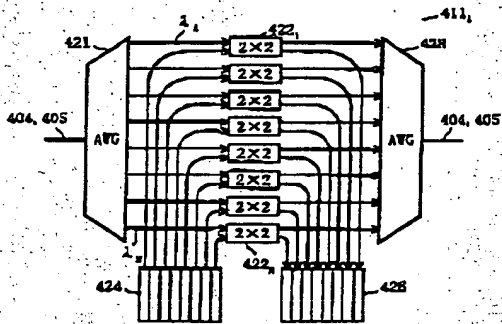
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【図 25】

